



EXPOSURE DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

Patent number: JP2004006716
Publication date: 2004-01-08
Inventor: HIURA MITSURU; TSUJI TOSHIHIKO
Applicant: CANON INC
Classification:
- international: H01L21/027; G03F7/20
- european:
Application number: JP20030073637 20030318
Priority number(s):

Also published as:

 WO03092056 (A1)
 EP1502291 (A1)

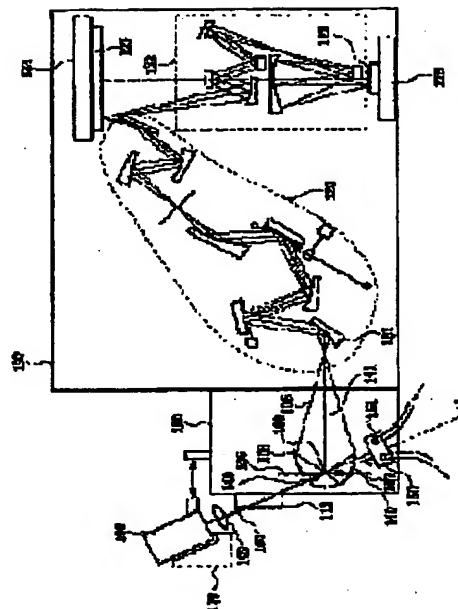
BEST AVAILABLE COPY

Report a data error here

Abstract of JP2004006716

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure device by preventing an optical element from being damaged due to a laser beam rectilinear-propagated beyond a target so as to attain exposure with high throughput and high quality and to provide a device manufacturing method.

SOLUTION: The exposure device includes a laser light source for irradiating an excited laser to the target and utilizing a produced plasma to generate an illumination light in an extreme ultraviolet ray region or an X-ray region; and an elliptic mirror for collecting the illumination light on this side of a first mirror of an illumination system, and is configured such that the luminous flux of the excited laser when propagating beyond the plasma in the optical axis of the excited laser is not interfered with a device configuration portion including the elliptic mirror.

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-6716

(P2004-6716A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int. Cl.⁷H01L 21/027
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 531A
G03F 7/20 502
G03F 7/20 521

テーマコード(参考)

2H097
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2003-73637 (P2003-73637)
 (22) 出願日 平成15年3月18日(2003.3.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2002-127343 (P2002-127343)
 (32) 優先日 平成14年4月26日(2002.4.26)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100090538
 弁理士 西山 恵三
 (74) 代理人 100096965
 弁理士 内尾 裕一
 (72) 発明者 樋浦 充
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 (72) 発明者 辻 俊彦
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ
 ノン株式会社内
 Fターム(参考) 2H097 AA03 CA13 LA10 LA12 LA20
 5F046 GB01 GB09 GC03 GC05

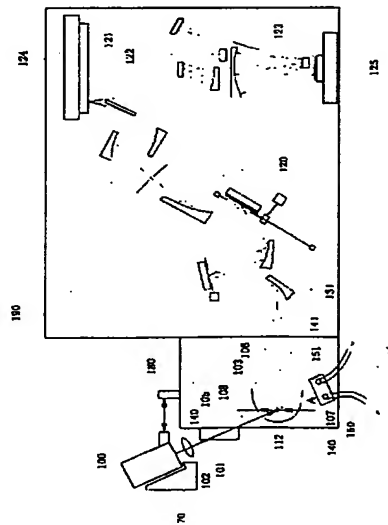
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットを越えて直進するレーザー光によっ
 て光学素子が損傷することを防止して、高いスループ
 ットで高品位な露光を達成するための露光装置並びにデバ
 イス製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明では、励起レーザーをターゲットに
 照射し、発生したプラズマを利用して極端紫外線領域又
 はX線領域の照明光を生成するためのレーザー光源と、
 前記照明光を照明系の第1ミラーの手前で集光する楕円
 ミラーを有する露光装置であって、前記励起レーザーの
 光軸方向が前記プラズマを超えて進行した場合の光束が
 前記楕円ミラーを含む装置構成部位と非干渉になるよう
 に設定されている構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

励起レーザーをターゲットに照射し、発生したプラズマで極端紫外線領域又はX線領域の照明光を発生させる光源を生成し、前記照明光で反射型レチクルを照明するための照明光学系と、前記照明光を前記照明光学系の第1ミラーの手前で集光させる楕円ミラーと、前記レチクルで反射したパターンを被露光体上に縮小投影するための投影光学系を有する露光装置において、

前記励起レーザーの光軸方向が前記励起レーザーの前記プラズマが発生する位置を越えて進行した場合の光束が前記光学系を含む装置構成部位及び前記楕円ミラーと非干渉になるように設定されていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記照明光学系の第1ミラーに入射する前記照明光の光軸方向に対して前記励起レーザーの光軸がずれていることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】

前記ターゲットに入射する励起レーザーと前記ターゲットから出射する励起レーザーがともに前記楕円ミラーが備えた通過部を通過することを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置。

【請求項4】

前記ターゲットに入射する励起レーザーが前記楕円ミラーが備えた通過部を通過し、前記ターゲットから出射する励起レーザーが前記照明光が通過する開口部を通過することを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置。

【請求項5】

前記ターゲットから出射する励起レーザーが前記楕円ミラーが備えた通過部を通過し、前記ターゲットに入射する励起レーザーが前記照明光が通過する開口部を通過することを特徴とする請求項1又は2記載の露光装置。

【請求項6】

前記照明光の光軸方向に対して前記励起レーザーの光軸方向を3次元的に傾斜して配置する手段を更に有することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項7】

前記ターゲットを超えて前記励起レーザーが前記照明光学系に到達することを妨げる遮光部材とを有することを特徴とする請求項1～6のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項8】

前記プラズマの発光点で発生するデブリが前記照明光学系に到達することを防止するデブリ除去部材を有することを特徴とする請求項1～7のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項9】

前記デブリ除去部材は、前記励起レーザーの透過率が約90%以上であり、前記遮光部材は、前記励起レーザーの透過率が約10%以下であることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項10】

前記遮光部材は、金属に反射防止膜を形成した構成を有する請求項1～9のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項11】

前記光源から見て、第1ミラーに入射する前記照明光の光軸方向から前記励起レーザーの光軸方向に向かって最も外側に配置されている前記露光装置の構成要素に前記励起レーザーの前記光源を越えて進行した場合の光束が照射されないように、前記照明光の光軸方向に対する前記励起レーザーの光軸のなす角度は決定されることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項12】

前記遮蔽部材を冷却する冷却機構を更に有することを特徴とする請求項7記載の露光装置

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記遮蔽部材は、前記照明光学系及び前記投影光学系が格納されているチャンバーの外側に設置されることを特徴とする請求項7又は12記載の露光装置。

【請求項 14】

前記照明光の光軸方向において前記楕円ミラーの開口部が前記励起レーザーの集光点より第1ミラー側に位置する請求項1～13のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 15】

励起レーザーをターゲットに照射し、発生したプラズマで極端紫外線領域又はX線領域の照明光を発生させる光源を生成し、前記照明光で反射型レチクルを照明するための照明光学系と、前記照明光を前記照明光学系の第1ミラーに導く集光ミラーと、前記レチクルで反射したパターンを被露光体上に縮小投影するための投影光学系を有する露光装置において、

前記照明光の光軸方向において前記集光ミラーの開口部が前記励起レーザーの集光点より第1ミラー側に位置し、

前記励起レーザーの光軸方向が前記励起レーザーの前記プラズマが発生する位置を越えて進行した場合の光束が前記光学系を含む装置構成部位及び前記ミラーと非干渉になるように設定されていることを特徴とする露光装置。

【請求項 16】

前記集光ミラーは楕円形状である請求項15記載の露光装置。

【請求項 17】

請求項1乃至16のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて前記被露光体を投影露光するステップと、

前記投影露光された被露光体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、照明装置、露光装置及びデバイス製造方法に係り、特に、IC、LSI等の半導体デバイス、液晶デバイス、CCD等の撮像デバイス、磁気ヘッド等のデバイスを製造するリソグラフィ工程で使用するEUV露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなってきている。従来、半導体素子を製造するための焼付け（リソグラフィ）方法としては紫外線を用いた縮小投影露光が行われているが、縮小投影露光で転写できる最小の寸法は転写に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数に反比例することから、より微細な回路パターンを転写するために水銀ランパ（波長365nm）、KrFエキシマレーザー（波長248nm）、ArFエキシマレーザー（波長193nm）というように用いられる露光光の短波長化が進んでいた。

【0003】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外光を用いたリソグラフィでは限界がある。そこで、0.1μmを下回るような非常に微細な回路パターンを効率よく焼き付けるために、紫外線よりも更に波長が短い波長10乃至15nm程度の極端紫外光（EUV光）を露光光に用いた投影露光装置が開発されている。

【0004】

EUV光源としては、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。これは真空容器中に置かれたターゲット材に高強度のパルスレーザー光をYAGレーザーなどを利用して照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される、例えば、波長13.5nm程度のEUV光を利用するものである。ターゲット材としては、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等の手段で真空容器内に供給される。ターゲットから放射さ

10

20

30

40

50

れるEUV光の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方が良く、通常数kHzの繰り返し周波数で運転される。

【0005】

ターゲット材として固体物質を用いている例は、特許文献、特許文献2、特許文献3、特許文献4があり、液滴をターゲット材としている例は、特許文献5がある。

【0006】

また、発生したプラズマから放射されるEUV光を集光するミラーとして回転放物ミラーを用いている例は、特許文献6、特許文献7、特許文献8、特許文献9がある。

【0007】

さらに、回転楕円ミラーを用いている例は、特許文献10、特許文献11がある。

10

【0008】

一方、ターゲットに高強度のパルスレーザー光を照射するとターゲットからEUV光が発生する反面、デブリと呼ばれる飛散粒子も発生する。デブリが光学素子に付着すると、汚染、損傷、反射率の低下を引き起こしてしまうため、デブリがターゲットから光学素子に到達することを防止するデブリ除去手段が従来から提案されている。例えば、デブリ除去手段の一例としてのデブリフィルタは、材質がモリブデン、ベリリウム、シリコニウムなどからなり、EUV光に対する透過率は約50乃至70%である。

【0009】

ここで、デブリが照明光学系に流入することを防止し易くするために、EUV光の集光ミラーは、プラズマの発生する点を焦点の一つとし、他方の焦点に集光するような楕円ミラーとし、光源部と照明系部をつなぐ経路を物理的に狭くすることが好ましい。

20

【0010】

さらに、EUV光は原理的にはプラズマから等方的に放出されるため、集光楕円ミラーの取込角を大きくした方が効率よくEUV光を集光することができる。

【0011】

【特許文献1】

特開平5-217858号公報

【特許文献2】

特開平8-236292号公報

【特許文献3】

特開平11-40479号公報

【特許文献4】

米国特許5335258号公報

【特許文献5】

米国特許5459771号公報

【特許文献6】

特開2003-43196号公報

【特許文献7】

特開2000-110709号公報

【特許文献8】

特開2002-8891号公報

【特許文献9】

特開2000-346817号公報

【特許文献10】

特開2000-91209号公報

【特許文献11】

特開2001-332489号公報

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

EUV光の発光点の後段にはEUV光で被照明領域を照明する照明光学系が配置されてい

50

30

40

るが、従来の露光装置は、照明光学系の第1ミラーに入射するEUV光の光軸と励起レーザーの光軸とは一致するように、レーザー光源を配置していた。

【0013】

しかし、振動や機械的な変形により、励起レーザーがターゲットから全部又は一部外れる場合がある。また、それ以外の励起レーザーとターゲットとの位置ずれ以外の原因によっても、全部又は一部の励起レーザーが集光点を越えてしまう可能性もある。集光点を越えて直進する励起レーザーは照明光学系に到達し、第1ミラー及びその後段のミラーを熱変形させたり、ミラーを構成する多層膜を熱破壊したりして解像度を低下させるなど、高品位な露光を妨げる。また、ミラーの修理や交換は、照明光学系や真空光学系が真空チャンパーに配置されているために、装置の稼働率を特に著しく低下させる。これに対して、励起レーザーが多少ずれてもターゲット内に収まるようにレーザー光のビーム径を相当に小さくすることも考えられるが、これではEUV光のパワーが低下してしまいスループットの低下を招くため好ましくない。

10

【0014】

一方、上述のデブリフィルタは、EUV光に対する透過率は約50乃至70%であるが、YAGレーザーからのレーザー光に対する透過率はほぼ100%である。従って、従来のデブリフィルタのみではEUV発光点を越えて直進するレーザー光を遮光するには不十分である。

【0015】

また、他の従来の露光装置として、照明光学系の第1ミラーに入射するEUV光の光軸と励起レーザーの光軸とは一致しないように、レーザー光源を配置している場合でも、ターゲットへの励起レーザーの導入空間を確保するために集光ミラーの取込角を制限しおり、EUV光の集光効率が十分に高いとはいえない。

20

【0016】

このように、従来技術では、集光楕円ミラーの取込角を大きくすることと、励起レーザーのターゲットへの入射・出射方向、および楕円ミラーを含む照明系部と励起レーザーの干渉関係について開示されていない。

【0017】

そこで、本発明は、集光ミラーとしてEUV光を1点に集光する楕円ミラーを用いて、その取込角、つまり楕円ミラーの大きさを大きくするとともに、ターゲットを越えて直進するレーザー光によって楕円ミラーを含めた光学素子が損傷することを防止して、スループットの低下を招かずに高品位な露光を達成するための照明装置、露光装置並びにデバイス製造方法を提供することを例示的な目的とする。

30

【0018】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光装置は、励起レーザーをターゲットに照射し、発生したプラズマで極端紫外線領域又はX線領域の照明光を発生させる光源を生成し、前記照明光で反射型レチクルを照明するための照明光学系と、前記照明光を前記照明光学系の第1ミラーの手前で集光させる楕円ミラーと、前記レチクルで反射したパターンを被露光体上に縮小投影するための投影光学系を有する露光装置において、前記励起レーザーの光軸方向が前記励起レーザーの前記プラズマが発生する位置を越えて進行した場合の光束が前記光学系を含む装置構成部位及び前記楕円ミラーと非干渉になるように設定されていることを特徴とする。かかる露光装置は、ターゲットを越えて直進する励起レーザーの光束が照明光学系及び集光楕円ミラーと非干渉とすることとで、励起レーザー光によって集光楕円ミラーを含む光学素子が損傷することを防止している。前記露光装置は、励起レーザーの光軸と前記照明光の光軸がずれていてもよい。

40

【0019】

また、第1の例としては、前記ターゲットに入射する励起レーザーと前記ターゲットから出射する励起レーザーがともに前記楕円ミラーが備えた通過部を通過することとを特徴としている。

50

【0020】

第2の例としては、前記ターゲットに入射する励起レーザーが前記楕円ミラーが備えた通過部を通過し、前記ターゲットから出射する励起レーザーが前記照明光が通過する開口部を通過することを特徴としている。

【0021】

第3の例としては、反対に、前記ターゲットに入射する励起レーザーが前記照明光が通過する開口部を通過し、前記ターゲットから出射する励起レーザーが前記楕円ミラーが備えた通過部を通過することを特徴としている。

【0022】

上述の露光装置は、前記照明光の光軸方向に対して前記励起レーザーの光軸方向を3次的に傾斜して配置する手段を更に有してもよい。

【0023】

また、上述の露光装置は、前記プラズマの発光点で発生するデブリが前記照明光学系に到達することを防止するデブリ除去部材と前記ターゲットを超えて前記励起レーザーが前記照明光学系に到達することを妨げる遮光部材を有してもよい。

【0024】

かかる露光装置は、デブリ除去部材のみではターゲットを超えて直進するレーザー光を遮光部材で効果的に除去する。例えば、前記デブリ除去部材は、前記励起レーザーの透過率が約90%以上であり、前記遮光部材は、前記励起レーザーの透過率が約10%以下であってもよい。

【0025】

また、前記遮光部材は、金属に反射防止膜を形成した構成を有してもよい。

【0026】

さらに、遮光部材は、励起レーザーを吸収する部材であってもよいし、反射する部材であってもよい。

【0027】

前記ストッパーを冷却する冷却機構を更に有してもよい。これにより、遮光部材の熱変形や熱損傷を防止することができる。前記ストッパーは、前記照明光学系及び前記投影光学系が格納されているチャンパーの外側に設置されてもよい。これにより、チャンパー内部の装置構成を単純にすることができる。

【0028】

本発明の別の側面としての露光装置は、前記光源から見て、前記第1ミラーに入射する前記照明光の光軸方向から前記励起レーザーの光軸方向に向かって最も外側に配置されている前記露光装置の構成要素に前記励起レーザーの前記光源を越えて進行した場合の光束が照射されないように、前記照明光の光軸方向に対する前記励起レーザーの光軸のなす角度は決定されてもよい。

【0029】

本発明の別の側面としての露光装置は、上述のいずれかの露光装置において、前記照明光の光軸方向において前記楕円ミラー開口部が前記励起レーザーの集光点より第1ミラー側に位置することを特徴としている。かかる露光装置では前記楕円ミラーの取込角を大きくすることができ、EUV光を効率よく集光でき、結果として装置構成部位の損傷を防止して高品位、かつ高生産性を有する露光ができる。

【0030】

本発明の別の側面としてのデバイス製造方法は、上述のいずれかの露光装置を用いて前記被露光体を投影露光するステップと、前記投影露光された被露光体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

【0031】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【0032】

【発明の実施の形態】

（実施形態1）

以下、本発明の第1の実施形態のEUV露光装置を、図1を参照して、説明する。図1は、EUV露光装置の概略平面図である。EUV露光装置は露光光として紫外線よりも更に波長が短い波長10乃至15nm程度のEUV光（例えば、波長13.5nm）を用いてスキャン方式で露光を行う露光装置である。

【0033】

図1を参照するに、露光装置は、レーザープラズマ光源部、照明光学系120、反射型レチクル又はマスク（なお、本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）121、投影光学系122、レチクルステージ124、ウェハ123、ウェハステージ125を有し、照明光学系120からウェハステージ125までを真空チャンバー190に収納する。

【0034】

本実施形態のレーザープラズマ光源部は、真空チャンバー180中に配置されたターゲット供給システム105によって集光位置103に供給されたターゲット104に高強度のバルスレーザー光101をレーザー光源100から集光光学系102を介して照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される、波長約13.5nmのEUV光を利用する。より詳しくは、レーザープラズマ光源は、ターゲット104に高輝度の励起バルスレーザー101を照射することにより、そのターゲット104が高温のプラズマ状態に励起され、そのプラズマが冷却する際に等方的に放出する赤外から紫外、EUV光までの波長帯の光の中から、集光ミラー108がEUV光を集光して、これを露光光として使用する。

【0035】

ここで、上述したようにEUV光とともに発生するデブリが照明光学系に流入することを防止し易くするために、EUV光の集光ミラーは、プラズマの発生する点を焦点の一つとし、他方の焦点に集光するような楕円ミラーとし、光源部と照明系部をつなぐ経路を物理的に狭くすることが好ましい。

【0036】

また、所望のEUV光のパワーを得て、露光装置の生産性、つまりスループットを高めるためには、プラズマから放出されたEUV光を効率的に集光する必要がある、そのためには、放出されたEUV光を大きな取込立体角で集光すればよく、その目的を達するために集光ミラーを大きくすることが必要となる。

【0037】

バルスレーザー光101は、例えば、Nd:YAGレーザーやエキシマレーザーなどである。真空チャンバー180は、大気に対する透過率の小さいEUV光に対して真空雰囲気環境を確保する。バルスレーザー光101は、真空チャンバー180に設けられた窓112を介して集光位置103に集光される。窓112はバルスレーザー光101に対して透過率の高い石英などの部材が好ましい。

【0038】

ターゲット104は、発生させるEUV光波長によるが、Cu、Li、Znなどの金属薄膜、Xeなどの不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等のターゲット供給システム105により真空容器内180に供給される。その中でもEUV光発生時に同時発生するデブリが他の照明系を汚染させてしまうという問題や励起バルスレーザー101からEUV光106への変換効率や、ターゲット104の取り扱いに関する理由などからターゲット104としては、Xeが有力な候補となっている。供給されたターゲット104の全てがプラズマ化に寄与しないため、残りのターゲット104を回収するターゲット回収システム107が設置される。

【0039】

10

20

30

40

50

集光位置 103 への Xe を使用したターゲット 104 の供給方式を、図 5 を参照して説明する。図 5 (a) ではノズル 505 よりガス状の Xe 504 を噴出させ、集光点 503 にパルスレーザー光 501 を集光させてきた高温のプラズマが冷却する際に E U V 光 506 が発生する。図 5 (b) では、ノズル 515 より液体状の Xe 514 を棒状に噴出させ、同様に集光点 503 にパルスレーザー光 501 を集光させてきた高温プラズマが冷却する際に E U V 光 506 が発生する。更に、図 5 (c) では、ノズル 525 より液滴状の Xe 524 を滴下させ、集光点 503 に液滴状の Xe 524 が到達した時にパルスレーザー 501 が集光点 503 に到達するように、同期制御する必要がある。その結果として、同様に高温プラズマが冷却する際に E U V 光 506 が発生する。

【0040】

一般に、パルスレーザーから E U V 光への変換効率を高めるためには、Xe の密度を高める必要がある。図 5 (a) のような気体状の形態よりも、図 5 (b) (c) のような液体状の形態の方が有力な供給方式である。もっとも、液体状の Xe であってもパルスレーザー 101 から E U V 光 106 への変換効率は高々 1 % 強である。E U V 露光装置の生産性、つまりスループットを向上させるという観点から E U V 光源には E U V 光として 50 ~ 150 W のパワーが要求されている。従って、プラズマを励起するパルスレーザーのパワーは 5 ~ 15 K W もの大出力が必要となる。

【0041】

更に、ターゲット供給システム 105 は、真空チャンバー 180 に構成される一方、レーザー光源 100 は 5 ~ 15 K W 級の大出力を要するため、大型な装置となり、真空チャンバー 180 とは別の不図示の支持台にマウントされる。従って、レーザー光源 100 から照射されるパルスレーザー 101 と Xe ターゲット 104 との位置合せ精度及び図 5 (c) に示すようなターゲット供給システムの場合においては、パルスレーザー 501 の発光タイミングと、液滴状ターゲット 524 の滴下タイミングの同期制御を極めて高精度に行う必要がある。

【0042】

位置合わせについては、例えば、干渉計システム 140 をレーザー光源 100 と真空チャンバー 180 に構成し、双方の位置ずれを精度よく検知し、不図示のアクチュエーターによってレーザー光源 100 又は、パルスレーザー光 101 の位置を制御できる不図示の光学素子を駆動することによって、パルスレーザー 100 とターゲット 104 との位置を高精度に位置合わせする必要がある。

【0043】

ところが、干渉計システム 140 は、パルスレーザー光 101 の集光点 103 での位置と、ターゲット 104 の集光点 103 での位置を測定しないので、パルスレーザー光 101 とターゲット 101 との集光点 103 における位置合わせを高精度に行うことは困難である。このため、振動や機械的変形などによって両者の位置ずれが発生するおそれがある。

【0044】

図 6 に図 5 (b) のターゲット供給システムの場合のパルスレーザー 601 とターゲット 604 との関係を、図 5 (b) 中矢印方向から見た場合を示す。位置ずれが生じていない場合は、図 6 (a) のようにパルスレーザー光 601 の中心とターゲット 604 の棒状 Xe の中心が一致している。一方、位置ずれが若干生じる場合は、図 6 (b) のようにターゲット 604 をパルスレーザー光 601 が部分的に照射しており、更に位置ずれが起こっている場合は、図 6 (c) のようにターゲット 604 をパルスレーザー光 601 が全く照射しなくなる。

【0045】

同様に、図 7 には、図 5 (c) のターゲット供給システムの場合のパルスレーザー 701 とターゲット 704 との関係を、図 5 (c) 中矢印方向から見た場合を示す。位置ずれが生じていない場合は、図 7 (a) のようにパルスレーザー光 701 の中心とターゲット 704 の液滴 Xe の中心が一致している。一方、位置ずれが若干生じている場合は、図 7 (b) のようにターゲット 704 をパルスレーザー光 701 が部分的に照射しており、さら

10

20

30

40

50

に位置ずれが起こっている場合は、図7(c)のようにターゲット704をパルスレーザー光701が全く照射しない状況となる。

【0046】

図6(b)及び図7(b)においては、ターゲット604及び704に照射されない部分的なパルスレーザー光601及び701が集光点を通過することになる。同様に図6(c)及び図7(c)においては、全てのパルスレーザー光601及び701が集光点を通過することになる。

【0047】

従って、パルスレーザー光101の光軸が、集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光軸と一致する従来の構成においては、EUV光を効率的に集光するために集光楕円ミラー108の取込角、つまり大きさを大きくしても、集光されたEUV光が集光楕円ミラーの開口部141に向かって出射されるため、集光点を通過したパルスレーザー光は集光楕円ミラーを直接に照射することはないが、第1ミラー131を直接に照射することになる。

【0048】

例えば、パルスレーザー光が波長1064nmのNd:YAGレーザーで、ミラー131にはEUV光を反射するためにMo/Siの多層膜が成膜されているとすると、上記多層膜の波長1064nmに対する反射率は高々30%程度であるため、ほとんどが吸収され熱に変換される。この場合、第1ミラー131ではパルスレーザー光は集光していないが、パルスレーザー光は5~15KWもの高出力であるため、相当量の熱量が第1ミラー131に注入される。従って、第1ミラー131が高温になり、熱変形や多層膜の変質が起こり得る。その結果、第1ミラー131の結像性能が悪化し、高品位な露光を行うことができず、第1ミラー131を交換せざるを得なくなる。ミラー131は、真空チャンバー190内にあるため、一旦大気圧開放し、第1ミラー131の交換、調整及び再度、真空引きを実施する必要がある。照明光学系120及び投影光学系122は高精度な光学系であるので、調整は第1ミラー131だけの調整にとどまらず、照明光学系120、投影光学系122すべてについて再調整する必要がある可能性もあり、装置のダウンタイムはかなり大きいものとなる。従って、装置稼働率を著しく低下させる結果となる。以上は直接パルスレーザー光が入射してしまう第1ミラー131について述べたが、それ以降のミラーについても注入する熱量は第1ミラー131と比較して小さくはなるが、同様に温度上昇による変形や、多層膜の変質などによって、ミラーの交換をせざるを得ない場合があり得る。特に、露光装置の光学素子は耐熱性が高くないために、パルスレーザー光による悪影響は大きい。

【0049】

例えば、集光ミラー108、照明光学系120、反射型マスク121及び投影光学系122はEUV光106を効率良く反射させるために基板上にMo/Si等による多層膜が数十ペア成膜されており、その表面粗さは、反射率の低下を抑えるために標準偏差でオンゲストロームオーダーのものが要求されている。更に、投影光学系122の反射ミラーにおいては、上記表面粗さに加えて、形状精度も同様に標準偏差でオンゲストロームオーダーのものが要求されており、極めて高精度な光学系が必要である。当然ながら温度などの外的要因による安定性も極めて高いことが要求されているからである。

【0050】

一方、パルスレーザー光101とターゲット104との位置精度の許容値を緩くするために、パルスレーザー光101の集光径を可変にすることが考えられる。図8(a)及び(b)は、ターゲット804及び814よりもパルスレーザー光801及び811が大きい場合であり、図8(a)は、図5(b)で示す棒状の液体Xeがノズルより噴出している場合を示しており、図8(b)は、図5(c)で示す液滴状Xeがノズルより噴出している場合を示している。いずれの場合もターゲットよりもパルスレーザー光の方が大きいため、ある程度、双方の位置ずれが生じたとしてもパルスレーザー光でターゲットをすべて照射することができ、所望のEUV光を得ることができる。その反面、部分的ではあるが

、必ずターゲットを照射せずにそのまま進行してしまうパルスレーザー光が存在してしまう
い、上述のような他の装置部位へのダメージを引き起こす可能性が大きい。

【0051】

これに対して、図8(c)及び(d)は、逆にターゲット824及び834よりもパルスレーザー光821、831が小さい場合であり、図8(c)は、図5(b)で示す棒状の液体Xeがノズルより噴出している場合を示しており、図8(d)は、図5(c)で示す液滴状Xeがノズルより噴出している場合を示している。いずれの場合もターゲットよりもパルスレーザー光の方が小さいため、ある程度、双方の位置ずれが生じたとしてもパルスレーザー光すべてがターゲットを照射することができ、図8(a)及び(b)のような問題は起こらない。しかしながら、ターゲットの大きさを大きくすることは、容易ではないので、パルスレーザー光821、831の集光径が小さくなった分、所望のEUV光のパワーを得ることができなくなり、スルーファットが低下するという問題が新たに発生する。

【0052】

従って、パルスレーザー光とターゲットの大きさは図5に示すようにほぼ同程度であることが望ましい。

【0053】

もちろんパルスレーザー光101の光軸が、集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光軸と一致する従来の構成においては、両者の位置ずれ以外の原因によっても全部又は一部のパルスレーザー光が集光点103を通過してしまう不測の事態の可能性はある。例えば、図5(c)のターゲット供給システムの場合は、液滴状ターゲット524とパルスレーザー501の同期制御に不備があり、パルスレーザーの発光周期と液滴を滴下する周期に不一致が発生した場合や、ターゲット供給システム525自体に不備あり、ターゲット524が供給されない場合などである。さらには、パルスレーザーとターゲットが完全に照射している部分においても、パルスレーザーとターゲットが完全に相互作用せずに一部のパルスレーザーがもともとの光軸をそのまま直進する方向に残存する場合もありうる。いずれの場合も、照明光学系120、投影光学系122に対して上述した重大な影響を及ぼすことになってしまう。

【0054】

図1に示す本実施形態では、レーザー光101の光軸方向AA'を集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光軸方向109からずらし、さらにターゲットに入射するパルスレーザー光が通過する通過部と、ターゲットを超えて出射するパルスレーザーが通過する通過部を集光楕円ミラーに備えることで、かかる問題を解決している。170は、EUV光106の光軸方向109に対してパルスレーザー光101の光軸方向を3次元的に傾斜して配置する手段である。「3次元的」とは、例えば、光軸方向AA'が図1と同一紙面ではなく、例えば、光軸方向AA'が紙面に垂直な場合を含む趣旨である。かかる実施形態は図9を参照して後述される。パルスレーザー光101の光軸方向AA'は、パルスレーザー光101のターゲット104への入射方向である。本実施形態は、AA'の方向を、ターゲット104を越えたパルスレーザー光101が照明光学系120、投影光学系122、レチクルステージ124、ウェハステージ125などの他の構成部位と干渉しないように決定している。

【0055】

さらに、集光楕円ミラーに備えている通過部は、入射または出射するパルスレーザーと集光楕円ミラーが干渉しないようにパルスレーザーの光路を確保している。

【0056】

図1に示す本実施形態では、レーザー光101の光軸方向AA'を集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光軸方向109から5度以上ずらすことによってかかる問題を解決している。「5度」としたのは、レーザー光101の光軸方向AA'を光軸方向109から意図的に(即ち、設置誤差ではなく)傾斜させる趣旨である。

10

20

30

40

50

【0057】

本実施形態では、EUV光106の光軸方向109において、集光楕円ミラー108の開口部141が励起レーザー101の集光点103より第1ミラー131側に位置する。

【0058】

また、光軸AA'上にパルスレーザー光101の進行を遮断し、吸収するストッパ150を配置することが好ましい。ストッパ150は反射光による2次的な照射を避けるためにパルスレーザー光101を反射せずに吸収するような材質又は形態を有していることが望ましい。更に、パルスレーザー光101は5〜15KW程度の高出力であるため、ストッパ150に吸収させた際に変換される熱量が多いため、ストッパ150に冷却機構を保持していることが望ましい。具体的には、ストッパ150外周に流路151を設けて、温調された液体ないし気体の流体を循環させることで、流体との間で熱交換をし、装置外へ排熱すればよい。

【0059】

このようにAA'の方向にパルスレーザー光101の光軸を定め、またパルスレーザー光がターゲット104に入射あるいは出射するときに通過する通過部140を集光楕円ミラー108に備え、さらに冷却機構を有するストッパ150を配置することによって、パルスレーザー光101がターゲット104を完全に又は一部分しか照射しない場合やパルスレーザーがターゲットと完全に相互作用せずにパルスレーザーが残存した場合でも、パルスレーザー光101が集光楕円ミラー108および第1ミラー131その他の構成部位を照射して破損させることを防止することができる。この結果、損傷した構成部位を交換、再調整するために、真空チャンバー180や真空チャンバー190を大気圧に開放し、該当部位を交換、再調整後に、再度真空引きをして復旧させるという多大な装置ダウンタイムを発生させることを回避することができる。装置の稼働率を低下させることを回避できる。

【0060】

また、通過部140があるので、楕円ミラーの大きさを大きくすることができる。

【0061】

真空チャンバー190に導入されたEUV光106は、照明光学系120を介して、所定のパターンを有する反射型マスク121を照明する。照明光学系120はEUV光を伝播して反射型マスク121を照明する機能を有し、第1ミラー131を含む複数のミラーと、オフティカルインテグレータと、アパーチャとを有する。第1ミラー131は発光点103からほぼ等方的に放射されるEUV光を集める。オフティカルインテグレータはレチクル121を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。アパーチャは、レチクル121と共役な位置に設けられ、レチクル121面で照明される領域を円弧状に限定する。

【0062】

反射型マスク121により選択的に反射されたEUV光106は、数枚の反射ミラーで構成された投影光学系122によってレジストが塗布されたウェハ123に縮小投影され、マスク121上のパターンをウェハ123に転写する。

【0063】

マスク121への照明領域及びウェハ123投影像は、投影光学系122の収差を抑えた良好な像を得るために極めて狭い同一像高の円弧状の範囲に限定されるため、マスク121に形成されたパターン全てをウェハ123に露光するために、本露光装置はレチクルステージ124とウェハステージ125が同期してスキャンしながら露光を行う、いわゆるスキャン露光方式を採用している。

【0064】

(実施形態2)

以下、本発明の第2の実施形態を、図2を参照して説明する。なお、図1と同一部材には同一の参照番号を付して重複説明は省略する。本実施形態では、レーザー光101の光軸方向AA'を集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光

10

20

30

40

50

軸方向109からはずし、集光楕円ミラー108を含む他の構成部位と干渉しないように決定する。特にターゲットから出射するパルスレーザーが集光されたEUV光が通過する集光楕円ミラーの開口部を通過するように決定する。さらにターゲットに入射するパルスレーザー光が通過する通過部を集光楕円ミラーに備えている。この場合、集光楕円ミラーに備えられる通過部が1つで済むため、製造が容易となる。

【0065】

図2に示す本実施形態では、レーザー光101の光軸方向AA'を集光点103から発生して第1ミラー131に入射するEUV光106の光軸方向109から5度以上ずらすことによってかかる問題を解決している。「5度」としたのは、レーザー光101の光軸方向AA'を光軸方向109から意図的に（即ち、設置誤差ではなく）傾斜させる趣旨である。

【0066】

本実施形態では、EUV光106の光軸方向109において、集光楕円ミラー108の開口部141が励起レーザー101の集光点103より第1ミラー131側に位置する。

【0067】

また、EUV光106の光軸方向109において、集光点103がターゲットに入射するパルスレーザー光101が通過する通過部140より第1ミラー131側に位置する。

【0068】

通過部140の径は、開口部141の径の1/20以下であることが好ましい。

【0069】

（実施形態3）

次に、本発明の第3の実施形態を、図3を参照して説明する。本実施形態では、レーザー光源100を図2とは逆方向に傾け、ストッパー150を真空チャンバー180及び190の外側に配置している。そのために、真空チャンバー180又は190にパルスレーザー光101を導出するための窓152を設けている。窓152はパルスレーザー光101に対して透過率の高い石英などの部材が好ましい。ストッパー150の設置環境が大気中であるため真空中より熱処理の観点から扱い易い利点がある。

【0070】

（実施形態4）

次に、本発明の第4の実施形態を、図4を参照して説明する。本実施形態では、パルスレーザーを集光されたEUV光が通過する集光楕円ミラーの開口部141からターゲット104に向けて入射するようにパルスレーザーのターゲットへの光軸を決定し、さらにターゲットから出射するパルスレーザー光が通過する通過部140を集光楕円ミラーに備えている。そのため第2の実施例と同様にストッパー150を真空チャンバー180及び190の外側に配置しやすく、またパルスレーザー光がターゲットを超えて進行する方向は、照明系、投影系などの他の構成部位とは反対の方向となっているので、ストッパーを配置する空間を確保することが容易である利点がある。

【0071】

（実施形態5）

次に、本発明の第5の実施形態を、図9を参照して説明する。図9は、真空チャンバー180の内部を詳細に示したものである。本実施形態は、レーザー光101の光軸方向AA'を図1における紙面と垂直に配置している。具体的には、図9(a)に示すように方向からパルスレーザー光101を集光点103に向けて入射させ、集光点103を超えた場所にストッパー150を配置する。ストッパー150は真空中乃至大気中であることは図1から図4と同じである。EUV光の集光ミラー108は、集光点103で発生したフラズマから生じるEUV光を集光する目的のミラーであり、その形状は、集光点103及び109を焦点とする回転楕円形状の一部分である。従って、回転楕円形状のような曲率の大きな特殊な形状を高精度に加工、計測、成膜することは困難であるため、図9(a)のように、例えば、6つに集光ミラーを分割し、各々の曲率を比較的小さくすること、加工、計測、成膜を行うこと、上述のような高精度の部品を作成し、それらを組み合わせ

ること、集光ミラー108としての役割を持たせることになる。

【0072】

本実施形態においては、図9(a)及び(b)のように、図1から図4に示されているような通過部140を形成するのではなく、分割された集光楕円ミラーの各部品の間隙を通過部として通過するように、パルスレーザをターゲットに向かって入射させ、同様にターゲットを超えてパルスレーザを出射できるようにする。また、ターゲット供給システム105、およびターゲット回収システム107も同様に、各部品の間隙を通過するように構成することができる。ここで、図3(a)は、パルスレーザ光101を図1の紙面に垂直に導光した場合の実施形態を示す概略斜視図であり、図3(b)は、図3(a)を矢印方向から見た概略平面図である。

10

【0073】

(実施形態6)

次に、本発明の第6の実施形態の露光装置を、図10を参照して説明する。図10は、パルスレーザ光101の光軸方向AA'をEUV光の光軸方向109に一致させ、光軸方向109上にストッパー150とデブリフィルタ160とを設けた例を示す概略平面図である。YAGレーザは、ビーム径が100 μ m程度でNAが0.01程度である。デブリフィルタ160は、例えば、材質がモリブデン、ベリリウム、シリコニウムなどからなり、厚さが0.1乃至0.2 μ mの薄膜で透過率がEUV光では50乃至70%、YAGレーザでは薄膜なのでほぼ100%である。

20

【0074】

一方、ストッパー150は、金属に反射防止膜を形成させたもので厚さが約10乃至20mm、大きさが約 ϕ 10乃至20mmを有する。かかる大きさはEUV光106を遮蔽しない大きさとして便宜である。また、図10に示すようなディフューザーが考えられる。三角形部分155でレーザが反射され、多重反射を経て吸収される。ストッパー150は、例えば、約50 \times 50 \times 50mm乃至約100 \times 100 \times 100mmの大きさを有する。

【0075】

なお、本実施形態では、デブリフィルタ160とストッパー150とを別部材として構成したが、両者は一体であってもよい。また、デブリフィルタも薄膜に限定したものではなく、他の形態のものでもよい。

30

【0076】

(実施形態7)

次に、本発明の第7の実施形態の露光装置を、図11を参照して説明する。図11は、パルスレーザ光101の光軸方向AA'をEUV光の光軸方向109に一致させ、光軸方向109上に反射部材157を設けた例を示す概略平面図である。YAGレーザは、上述したように、ビーム径が100 μ m程度でNAが0.01程度である。反射部材157は、Au、Ag、Cuなどの高反射率材料（例えば、99%以上）から構成され、厚さ約10乃至20mm、大きさが約 ϕ 10乃至20mmを有する。かかる大きさはEUV光106を遮蔽しない大きさとして便宜である。

【0077】

次に、図12及び図13を参照して、上述の露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図12は、デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1(回路設計)では、デバイスの設計を行う。ステップ2(マスク製作)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3(ウェハ製造)では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6

40

50

(検査)では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0078】

図13は、図12に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11(酸化)では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では、露光装置1によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17(現像)では、露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、集光楕円ミラー108や照明光学系の第1ミラー131などの光学素子の熱変形や熱破壊を回避しつつ、EUV光を効率的に集光するために集光楕円ミラーの取込角を大きくすることができ、高品位のデバイスを高い生産能力で製造することができる。このように、かかる露光装置を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面として機能するものである。

【0079】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれらに限定されずその要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【0080】

本実施例では、EUV光を集光するミラーを楕円形状としたが、楕円ミラーに限定されない。本発明の集光ミラーは、EUV光を照明光学系の第1ミラーの手前で集光させる機能を備えていれば良い。

【0081】

以上のように、本発明の好ましい実施例1~7を取ると以下の効果得られる。

【0082】

励起レーザーの光軸を、励起レーザーがターゲットを照射せずに進行した場合に、その光束が集光楕円ミラーを含む装置本体の光学系を含めたその他の構成部位を照射しないような方向に定め、ターゲットに入射あるいは出射、もしくは入出射する励起レーザーが通過する通過部をEUV光を集光する集光楕円ミラーに備え、さらに励起レーザーの進行を遮断、吸収する冷却機構を有するストッパーを真空チャンバー内、もしくは真空チャンバー外に構成することで、励起レーザーがターゲットを照射せずに進行した不測の事態においても集光楕円ミラーを含めた他の構成部位に重大なダメージを与えることを回避することができる。

【0083】

したがって、重大なダメージを受けた構成部位を交換、再調整するために真空チャンバー大気圧に開放し、該当部位を交換、再調整した後、再度真空引きをして復旧させるといった多大な装置ダウンタイムを発生させることを回避することができ、装置の稼働率を低下させることを回避できる。

【0084】

さらに通過部を設けたことで、上述のような重大なダメージを回避しつつ、集光楕円ミラーのEUV光の取込角、すなわちミラーの大きさを大きくすることができるので、効率的にEUV光を集光することができ、より多くのEUV光のパワーをウェハへ供給できるので、露光装置の生産性、スループットを向上させることができる。

【0085】

【発明の効果】

本発明では、励起レーザーの光軸を、励起レーザーがターゲットを照射せずに進行した場

10

20

30

40

50

合に、その光束が集光ミラーを含む装置本体の光学系を含めたその他の構成部位を照射しないような方向に定め、励起レーザーがターゲットを照射せずに進行した不測の事態においても集光楕円ミラーを含めた他の構成部位に重大なダメージを与えることを回避している。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図2】本発明の第2の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図3】本発明の第3の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図4】本発明の第4の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図5】プラズマ光源付近へのターゲットの供給を説明するための図である。

10

【図6】励起レーザーでターゲットを照射する例を説明するための概略図である。

【図7】励起レーザーでターゲットを照射する別の例を説明するための概略図である。

【図8】励起レーザーでターゲットを照射する更に別の例を説明するための概略図である。

【図9】本発明の第5の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図10】本発明の第6の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図11】本発明の第7の実施形態の露光装置の概略平面図である。

【図12】本発明の露光装置を有するデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図13】図9に示すステップ4の詳細なフローチャートである。

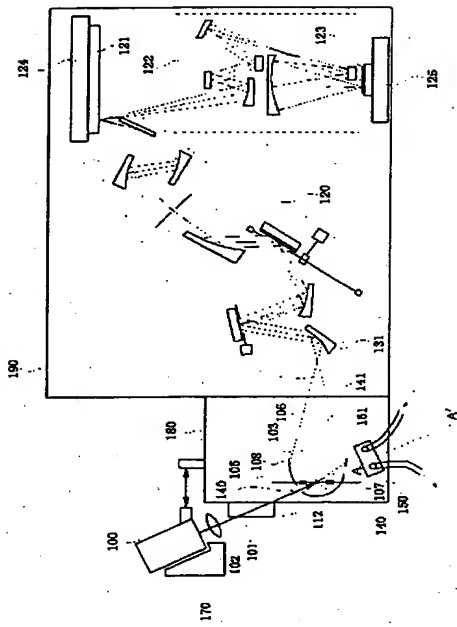
20

【符号の説明】

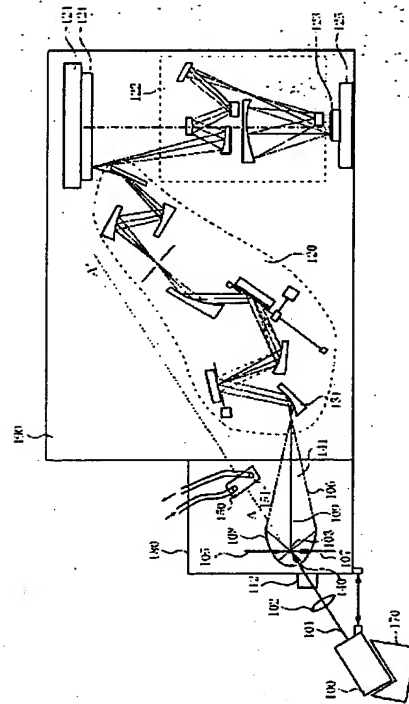
- 100 レーザー光源
- 101 パルスレーザー光
- 104 ターゲット
- 106 EUV光
- 120 照明光学系
- 121 反射型レチクル
- 122 投影光学系
- 123 ウェハ
- 131 第1ミラー
- 140 通過部
- 141 開口部
- 150 ストッパー
- 151 流路

30

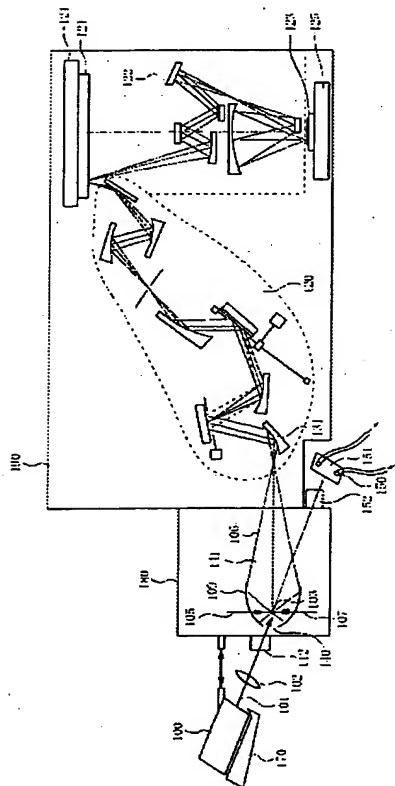
【図 1】



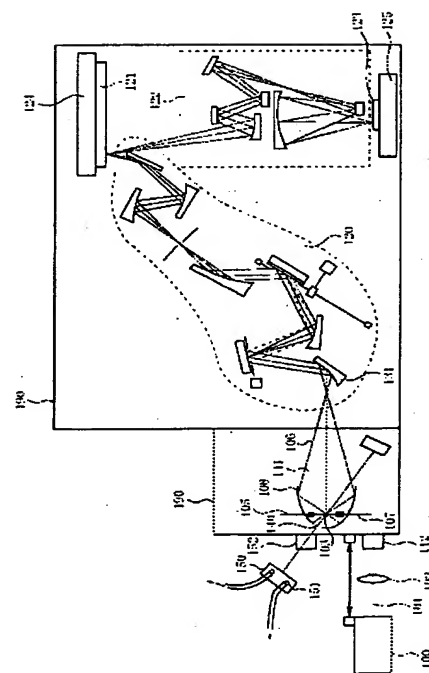
【図 2】



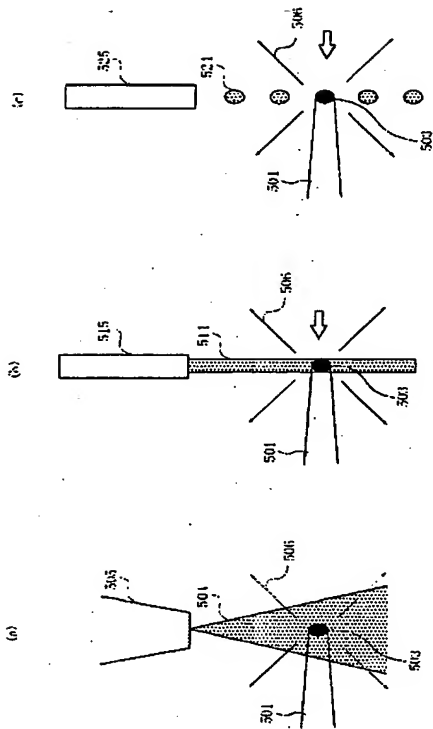
【図 3】



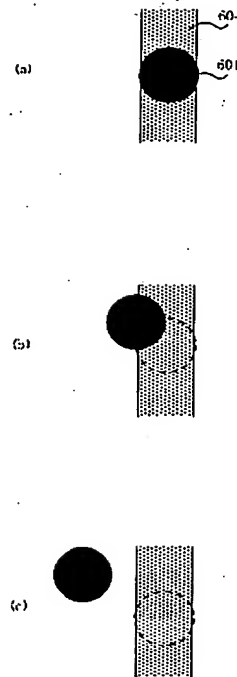
【図 4】



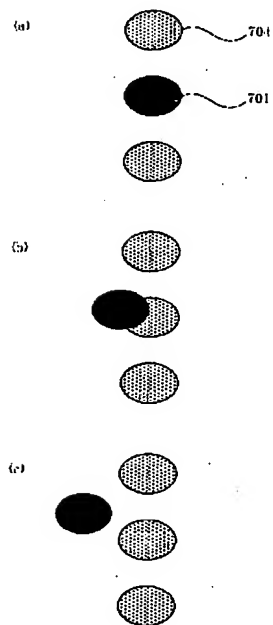
【図 5】



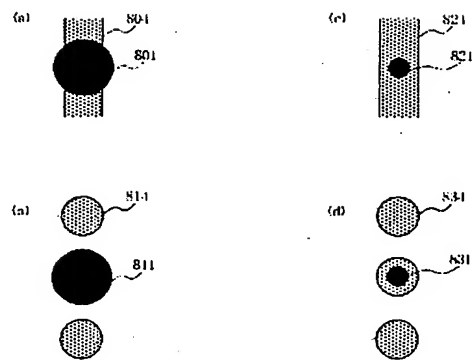
【図 6】



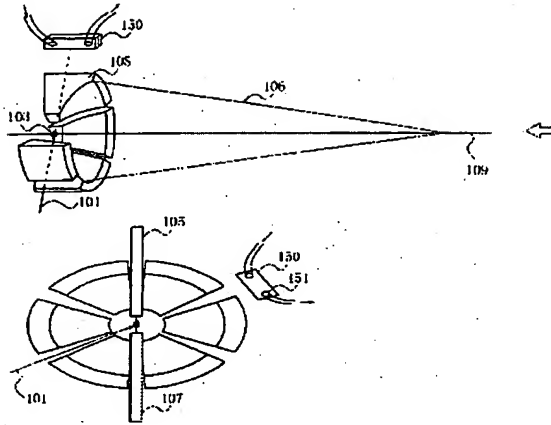
【図 7】



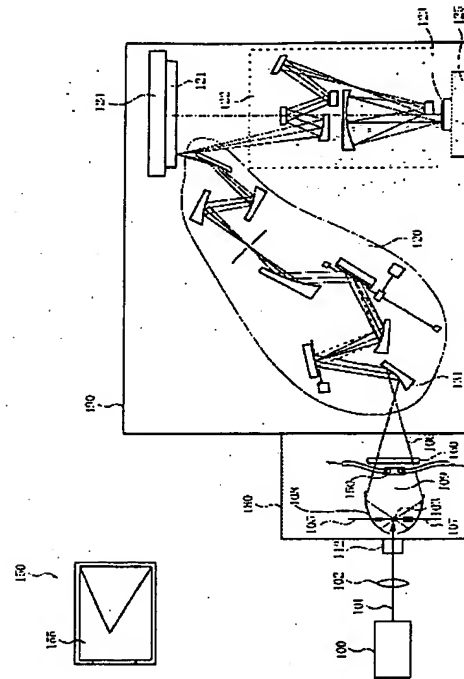
【図 8】



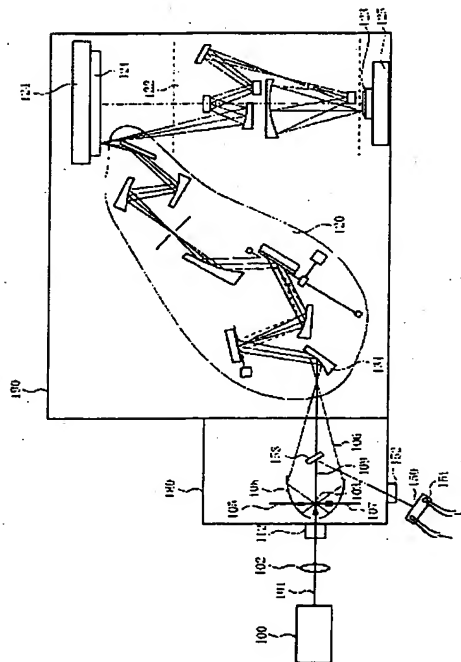
【図 9】



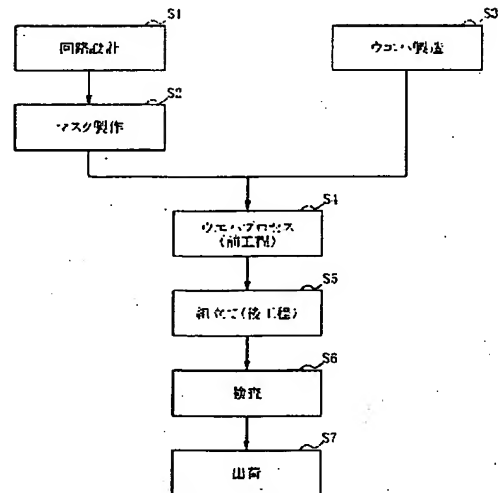
【図 10】



【図 11】



【図 12】



解：選

